

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA, FÍSICA Y MICROBIOLÓGICA DE VERMICOMPOSTES PRODUCIDOS A PARTIR DE CINCO SUSTRATOS ORGÁNICOS^{1/}

Lolita Durán*, Carlos Henríquez^{2/}**

Palabras clave: Abonos orgánicos, vermicompost, lombricompost, desechos orgánicos, caracterización de abonos orgánicos, lombriz “roja californiana”.

Keywords: Compost, vermicompost, organic wastes, compost characterization, “red californian” worm.

Recibido: 18/09/06

Aceptado: 12/12/06

RESUMEN

Se tomaron separadamente volúmenes de 0,03 m³ de desechos domésticos, estiércol de vacuno, residuo de banano, follaje de ornamentales y broza de café. Estos materiales fueron colocados en cajas individuales e inoculados con 600 lombrices del tipo “roja californiana” (*Eisenia foetida*). Luego de 3 meses, la variabilidad en las propiedades de los vermicompostes fue alta. Tanto el tratamiento con residuo de banano como el doméstico presentaron los mayores contenidos de K (7 y 3%, respectivamente); el de doméstico fue el mayor en N (3,1%). Ambos presentaron los mayores valores de pH y contenido de sales. El valor de P mayor se encontró en el tratamiento de estiércol, con un 2%. El doméstico mostró el mayor porcentaje de espacio aéreo y el menor porcentaje de retención de agua, lo cual se relacionó con una mayor proporción de macroporos. Todos los materiales tuvieron densidades diferentes entre sí. La disminución del volumen inicial al final fue 80% para doméstico y ornamental, 83% para banano, 53% para estiércol y 67% para broza. La mayor abundancia de microorganismos se encontró en los vermicompostes provenientes de residuos de banano y doméstico, con las poblaciones mayores de actinomicetes y hongos. En conclusión, las características finales de los vermicompostes

ABSTRACT

Chemical, physical, and microbiological characterization of vermicompost produced from five organic sources. Volumes of 0.03 m³ of domestic waste, cow manure, banana production residues, ornamental foliage, and coffee beans residues were deposited separately into wood containers and inoculated with 600 adult worms of the “red californian” (*Eisenia foetida*) type. After 3 months, samples of the vermicompost were analyzed. The results showed that vermicompost materials were highly different in their properties. Banana and domestic treatments had the highest values for K (7 and 3%, respectively). Both materials had similar behavior in pH and salinity, being higher than the other treatments. On the other hand, domestic waste was the highest in N (3.1%). Manure had the highest P value with 2%. Domestic waste showed the highest percentage of aerial space but the lowest of water retention capacity; which was correlated with greater pores. The volume decreased 80% for both domestic and green leaves, 83% for banana, 53% for manure, and 67% for coffee beans residues. All materials showed high abundance of microorganisms, being domestic and banana treatments more abundant in actinomycetes and fungi. It is important to point

1/ Parte del Trabajo final de Graduación del primer autor para optar al grado de Licenciatura. Financiado parcialmente por la Vicerrectoría de Investigación (proyecto VI-510-99-337).

2/ Autor para correspondencia. Correo electrónico: carlosh@cariari.ucr.ac.cr

* Sede del Atlántico, Universidad de Costa Rica.

** Sede del Atlántico y Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica.

pueden ser muy diferentes y están determinadas en buena parte por la naturaleza de las fuentes orgánicas utilizadas para su elaboración.

out that vermicompost materials can be highly diverse in characteristics and those are mainly determined by their primary sources.

INTRODUCCIÓN

Existe una gran diversidad de materiales que son utilizados como fuente de materia orgánica al suelo y que pueden ser aplicados en forma fresca o bien luego de un proceso de elaboración, como abonos orgánicos (López 1994). Dependiendo de la actividad que los produce, estos materiales pueden ser clasificados como de origen agrícola, ganadero, forestal, industrial y urbano. Por lo general, los abonos orgánicos, son producidos a partir del proceso de compostaje y en algunos casos pueden ser reforzados con productos químicos con el afán de mejorar su calidad final (López 1994, Bertoldi 1995, Bertsch 1995).

Los abonos orgánicos más comunes son el bocashi, el compost, las tierras fermentadas, el vermicompost, y los extractos vegetales; los cuales requieren un proceso de elaboración. Otros como los abonos verdes y rastrojos, simplemente se incorporan al suelo. Adicionalmente, a su uso como fertilizante, los abonos orgánicos pueden ser utilizados para otros fines, como es el caso de la tierra fermentada, cuyo uso principal es como sustrato para semilleros y almacigales (López 1994, Soto *et al.* 2002).

Salas y Ramírez (2001), puntualizan la necesidad de desarrollar tecnologías adecuadas para la producción de compostes orgánicos de buena calidad que posibiliten su comercialización y correcta utilización en la agricultura; añaden que para tal efecto es necesario contar, entre otras cosas, con métodos que evalúen la calidad de los abonos orgánicos, en especial, aquellos que estimen las concentraciones de elementos disponibles a las plantas.

En el caso particular del vermicompost también llamado lombricompost, el proceso consiste en la bio-oxidación y estabilización de los

sustratos orgánicos a través de la acción descomponedora conjunta de lombrices y microorganismos, que lo convierten en un material humificado y mineralizado (Martínez 1996, Domínguez *et al.* 1997, Bollo 1999).

Las deyecciones de la lombriz poseen una riqueza en flora bacteriana muy grande, con cerca de 2×10^{12} colonias g^{-1} de humus producido, en vez de los pocos centenares de millones presentes en la misma cantidad de estiércol fermentado. Ello permite la producción de enzimas importantes para la evolución de la materia orgánica cuando este material es aplicado al suelo (Ferruzzi 1986).

Según Bollo (1999), el vermicompostaje tiene un marcado efecto sobre la transformación del N en los materiales iniciales. La mineralización del N fue mayor en presencia de lombrices, lo que sugiere que estas producen condiciones que favorecen la nitrificación, excretando también una cantidad importante en forma de amonio y muco-proteínas.

El humus de lombriz está compuesto por C, O₂, N, así como macro y micro nutrientes en diferentes proporciones, tales como Ca, K, Fe, Mn y Zn entre otros. Los contenidos finales por tonelada de material dependerán básicamente de la fuente de origen y la humedad del material cuando el proceso finaliza (Fraile y Obando 1994).

Desde el punto de vista microbiológico, se ha puntualizado que el vermicompost posee una gran riqueza de microorganismos así como un efecto supresor sobre algunos patógenos del suelo (Ramírez 1996, Domínguez *et al.* 1997). Estudios realizados por Werner y Cuevas (1996) muestran la ausencia de patógenos humanos como *Salmonella* y *E. coli* según el tipo de microorganismos presente en los materiales.

Algunos autores mencionan que las propiedades nutricionales del vermicompost pueden

variar mucho entre sí (Werner y Cuevas 1996, Ferruzi 1986, Bollo 1999). Esto se debe a los tipos de desecho utilizados, las proporciones de cada uno, el estado de descomposición de estos materiales, las condiciones en las cuales se lleve a cabo el vermicompostaje y el tiempo de almacenamiento (Chacón y Blanco 1999).

Ferruzi (1986) y Martínez (1996), concuerdan en que el conjunto de características químicas, físicas, y microbiológicas, son las que determinarán la calidad final y en consecuencia el uso apropiado de estos productos en los diferentes cultivos. Debido a lo anterior se planteó esta investigación que tuvo como objetivo caracterizar química, física y microbiológicamente los vermicompostes elaborados a partir de 5 fuentes orgánicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones del módulo lechero de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, ubicadas en Turrialba a 700 msnm. La zona de Turrialba corresponde a la formación ecológica bosque muy húmedo tropical premontano (Holdridge 1978), con una precipitación y temperatura promedio de 2649,9 mm y 21,8°C, respectivamente. El ensayo se realizó dentro de una construcción totalmente protegida, techada y cerrada con malla metálica.

Materiales experimentales

La etapa de vermicomposteo, se realizó en cajones de madera, de 0,50 m de largo, 0,30 m de ancho y 0,30 m de alto, para obtener un volumen de 0,045 m³ de los cuales se utilizaron 0,03 m³ con material fresco de cada uno de los tratamientos. Los cajones fueron cubiertos con tela metálica de poro pequeño, para evitar la entrada de animales e insectos y favorecer la aireación.

Se utilizaron 5 sustratos orgánicos: desechos domésticos (materiales verdes de cocina),

estiércol de vacuno, desechos de la producción bananera (mezcla de pedazos de fruto de banano y pinzote), desechos de plantas ornamentales (follaje picado de *Dracaenas*) y broza de café. Los materiales fueron precomposteados antes de la inoculación con la lombriz, con el fin de proveer condiciones adecuadas al sustrato para la adaptación de la lombriz. Se utilizó la lombriz *Eisenia foetida* también llamada "roja californiana", la cual se colocó a una densidad de 600 adultos por 0,03 m³ de material fresco, lo cual equivale a una población de 20000 individuos m⁻³ de material (Bollo 1999, Ferruzi 1986). Las lombrices utilizadas fueron individuos maduros y desarrollados, que presentaron la estructura clitelar formada.

Manejo y metodología de evaluación del experimento

El experimento constó de 5 tratamientos con 4 repeticiones. Los cajones se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar dentro de la edificación y colocados sobre estructuras de madera. La humedad del material se verificó durante todo el experimento con el fin de mantener un ambiente apropiado para el desarrollo de las lombrices y permitir la descomposición de los materiales en forma adecuada. Para ello se utilizó el método propuesto por Ferruzi (1986), el cual consiste en comprimir un puñado del material con la mano y comprobar que estando completamente húmedo, no suelta agua; en este caso la humedad corresponde a un 70-80%.

Análisis químicos

El pH fue determinado con un potenciómetro sobre aproximadamente 50 g de pasta saturada del material y luego de 1 h de reposo. Seguidamente, la pasta saturada se filtró y se recogió el líquido en el cual se midió la conductividad eléctrica, las unidades utilizadas fueron mS cm⁻¹ (The US Composting Council 1998).

Para la determinación del porcentaje de materia orgánica (MO) se aplicó la técnica de oxidación con dicromato de K, descrita por Henríquez y Cabalceta (1999). Los elementos Ca,

Mg, K, P y elementos menores fueron determinados luego de la digestión total del abono, proceso mediante el cual se mineraliza la totalidad de componentes orgánicos. Estos elementos fueron seguidamente determinados mediante espectrofotometría de absorción atómica y colorimetría, esto último para el P. El N fue determinado mediante microKjeldahl. Todos estos análisis fueron llevados a cabo en el laboratorio de suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica.

Análisis físicos

Los análisis físicos se llevaron a cabo según la metodología descrita por Chávez (1998) para abonos orgánicos. El volumen del material, tanto al inicio como al final del experimento, se estimó midiendo la altura, ancho y largo que ocupaba el material dentro de los cajones. La densidad se evaluó llenando con vermicompost fresco una probeta de volumen conocido, seguidamente se determinó el peso correspondiente y relacionó finalmente estas 2 variables. Para la determinación del espacio poroso (P) y la capacidad de retención de agua, se utilizó un recipiente de 300 ml (V_1) donde se colocó la muestra y se le adicionó agua hasta cubrir el material. La cantidad de agua necesaria para cubrirlo se midió y denominó V_2 . Para la determinación del espacio poroso se aplicó la fórmula $\%P=(V_2/V_1)\times 100$. Seguidamente se permitió drenar el recipiente, se recogió y se midió el agua contenida en el recipiente (V_3); el espacio aéreo (A) se calculó con la fórmula $\%A=(V_3/V_1)\times 100$. Por último la cantidad de agua retenida por el compost (W) fue calculada por medio de la fórmula $\%W=\%P-\%A$.

Para la medición del porcentaje de humedad se realizaron 3 muestreos con intervalos de 1 semana, a partir del momento en que se consideró que el proceso de vermicompostaje había terminado para los diferentes materiales. Se tomó y pesó una muestra fresca de cada uno de los vermicompostes obtenidos y se procedió luego a secarla a 110°C; el porcentaje de humedad se calculó utilizando la fórmula $\%H=(\text{masa del agua}/\text{masa del abono fresco})\times 100$.

Análisis microbiológicos

Los análisis microbiológicos incluyeron biomasa microbiana expresada en términos de carbono microbiano. Para ello se utilizó el método de fumigación-extracción (Uribe 2000). También se realizó la estimación de microorganismos (hongos, actinomicetos y bacterias totales) mediante aislamientos microbiológicos y conteos de las unidades formadoras de colonias (UFC) en los medios Martin y albuminato de sodio (Uribe 2000). Para realizar el análisis estadístico de esta variable los datos fueron transformados aplicando Log_{10} UFC.

Análisis estadísticos

A todas las variables evaluadas se les aplicó un análisis de varianza (ANDEVA). Para la separación de medias se aplicó la prueba de Tuckey ($p\leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variabes químicas

En el cuadro 1, se muestra, a excepción del N, los contenidos totales de elementos para los diferentes vermicompostes evaluados.

En el caso del P, aunque los valores se encuentran contemplados entre los valores reportados en la literatura para materiales de esta naturaleza (Fraile y Obando 1994), se muestran arriba del 1%; en particular el vermicompost a partir de estiércol, que mostró el valor mayor con un 2%. En el caso del Ca hubo diferencias importantes entre los materiales, siendo mayor en los desechos domésticos y menor en broza y banano. En el caso del Mg, las diferencias entre los materiales fueron menores.

En relación con el K, el valor fue particularmente alto en el material de banano, debido a las altas cantidades que en forma natural absorbe y transloca este cultivo del suelo y que permanecen en estos desechos. Estudios mencionados por Soto *et al.* (2002) y relacionados con la velocidad

Cuadro 1. Análisis químico de 5 vermicompostes.

Vermicompost	Ca	Mg	K	P	Fe	Cu	Zn	Mn
	%				mg kg ⁻¹			
Doméstico	5,6a	0,6c	3,3b	1,7b	5714b	47c	1118a	218d
Estiércol	2,3c	0,7b	1,1cd	2,0a	6124b	64b	308b	422c
Banano	1,8d	0,8a	6,8a	1,7b	5461b	48c	255b	326c
Ornamental	4,0b	0,5c	1,3c	1,5c	7353b	54cb	300b	700a
Broza	1,6d	0,3d	0,8d	1,3d	26489a	105a	181b	558b

Las columnas con la misma letra son similares de acuerdo a la prueba Tuckey a $p < 0,05$.

de descomposición y liberación de nutrientes en residuos de banano, muestran diferencias en los resultados dependiendo de la parte de la planta que se esté evaluando como fuente; en este caso se considera el fruto como el mayor sumidero para K. El Fe, Mn y el Cu alcanzaron, en el tratamiento de broza, niveles que duplican los reportados por Fraile y Obando (1994); datos reportados por Madrigal (1998) evidencian altos contenidos de estos elementos en un compost preparado a partir de este material.

En el caso del Zn, Vogtmann *et al.* (1993), reportan para abonos orgánicos y producto de varios ensayos entre 168 y 279 mg kg⁻¹. En este experimento 3 de los 5 vermicompostes evaluados, mostraron valores mayores a 279 mg kg⁻¹, en particular el tratamiento con residuos domésticos con un valor de 1118 mg kg⁻¹. Los estudios realizados por Sawhney *et al.* (1995), relacionan la liberación de grandes cantidades de Zn con valores bajos de pH del material; en este caso sin embargo y como se observa en el cuadro 2, todos los materiales presentaron valores de pH cercanos o mayores a 7, por lo que es posible que este elemento se mantenga en forma no soluble y acomplejada dentro del humus. En la broza, se encontró el valor de pH menor e igualmente los menores valores de Zn, lo cual concuerda con lo apuntado por López (1994), quien menciona que al realizar pruebas con diferentes sustratos, la

Cuadro 2. pH y salinidad de 5 vermicompostes producidos con *E. foetida*.

Vermicompost	pH	Salinidad mS cm ⁻¹
Doméstico	8,2b	1,3b
Estiércol	7,8c	0,3d
Banano	9,0a	1,5a
Ornamental	7,8c	0,6c
Broza	6,9d	0,3d

Las columnas con la misma letra son similares de acuerdo a la prueba Tuckey a $p < 0,05$.

broza de café fue el material que mostró los valores más bajos tanto para Zn como para pH.

Como se observa en el cuadro 2 en 4 de los 5 tratamientos, los valores de pH fueron mayores a 7. El valor mayor de pH fue para el vermicompost de residuos de banano (9,0) en tanto que el menor fue para el de broza (6,9). En los tratamientos doméstico y banano se obtuvo los valores más altos de esta variable, los cuales están por encima de los datos de pH reportados (Ferruzzi 1986, Martínez 1996, Bollo 1999). Pese a ello, datos similares a los obtenidos en este estudio han sido reportados por otros investigadores (Tognetti *et al.* 2005). Day *et al.* (1998), encontraron que

compostes producidos con residuos de restaurante, con pH inicial de 6,2, después del proceso de composteo mostraban valores hasta de 8,3. Así mismo, Fraile y Obando (1994), trabajando con residuos de banano encontraron valores de pH hasta de 8,4. Cabe recordar que la función de las glándulas de Morren dentro de la morfología de la lombriz, es secretar carbonato cálcico y producir una digestión alcalina, por lo que es de esperar valores de pH ligeramente alcalinos en los diferentes humus de lombriz (Bollo 1999).

En el caso de la salinidad, los tratamientos difirieron estadísticamente; en particular el de banano y el doméstico mostraron altos índices salinos, lo cual concordó con los valores de pH mayores (Cuadro 2); estos resultados coinciden con resultados obtenidos por Gadea *et al.* (2002), al analizar la calidad de diferentes bioabonos. Los valores de salinidad altos, encontrados para estos materiales, pueden deberse a las condiciones protegidas en las que se llevó a cabo el proceso de vermicompostaje. De acuerdo a la literatura, los compostes producidos en lugares cubiertos como el método utilizado en este ensayo, muestran niveles más altos de sales, comparativamente con aquellos expuestos a la lluvia en donde puede ocurrir el lavado y la subsiguiente pérdida de lixiviados, esto concretamente en materiales que son originalmente altos en sales (Vogtmann *et al.* 1993). Según este mismo autor el K se considera uno de los mayores contribuyentes a los contenidos de sales, lo cual concuerda con lo encontrado en este ensayo, en donde los 2 tratamientos con los valores de salinidad más

altos (banano y doméstico), también son los que muestran los contenidos de K mayores, además del pH más alto. El tratamiento de estiércol mostró en contraposición el menor nivel de K y uno de los niveles de salinidad menores, lo que se considera normal, ya que la mayor cantidad de K de la materia prima se va en la orina (Yasukawa y Quintero 1998).

Se encontró para el N total (%N), la MO (%MO), el %CO y la relación C/N diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3). En el caso de %N, los tratamientos doméstico y banano fueron los que presentaron los valores mayores, mientras que los tratamientos ornamental, broza y estiércol, fueron los que mostraron los valores menores. Pese a ello, todos los tratamientos se encuentran dentro de los rangos de contenidos de N reportados para abonos orgánicos (Werner y Cuevas 1996, Martínez 1996, Uille *et al.* 2004).

En estudios realizados por Sullivan *et al.* (1998), se determinó que compostes producidos con desechos domésticos y material de podas fueron los que mostraron los mayores valores de N, siendo el doméstico el de contenidos mayores, lo que concuerda con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

Para el %MO, los tratamientos ornamental y banano resultaron estadísticamente diferentes de los tratamientos doméstico y broza, siendo estos últimos los que mostraron los valores más bajos (Cuadro 3). El tratamiento con estiércol, mostró valores intermedios. Estudios reportados por diversos autores indican rangos amplios para contenidos de MO en compostajes producidos

Cuadro 3. Contenido de nitrógeno, materia orgánica, carbono orgánico y la relación C/N de 5 vermicompostes.

Vermicompost	%N	%MO	%CO	C/N
Doméstico	3,1a	29,0b	16,9b	5,6c
Estiércol	1,8b	33,1ab	19,2ab	10,9a
Banano	2,9a	35,2a	20,5a	7,0c
Ornamental	2,2b	37,1a	21,6a	10,0ab
Broza	1,8b	29,3b	17,0b	9,2b

Las columnas con la misma letra son similares de acuerdo a la prueba Tuckey a $p < 0,05$.

con diferentes desechos orgánicos, los cuales van de 24-70% (Ferruzi 1986, Vogtmann *et al.* 1993, Martínez 1996, Bollo 1999). Los valores de %CO obtenidos se encuentran entre los reportados como normales para vermicompostes (Ulle *et al.* 2004).

En cuanto a la relación C/N, el tratamiento con estiércol, fue el que mostró el valor mayor, debido posiblemente a las altas cantidades de fibra remanente que proviene de la dieta de los animales y que en cierta forma, permanece en buenas cantidades en la materia prima utilizada. El tratamiento ornamental no difirió estadísticamente de los tratamientos estiércol y broza. La literatura menciona que relaciones C/N entre 10 y 25, son indicativos de que el compost está debidamente estabilizado (The U.S. Composting Council 1998, Ulle *et al.* 2004). Por otro lado, compostes con relaciones C/N >30, pueden provocar la inmovilización microbiana del N en el suelo; sin embargo, estos valores no fueron encontrados en este estudio. Los tratamientos con banano y doméstico mostraron los valores más bajos, sugiriendo que estos materiales podrían tener una tasa de descomposición mayor con respecto a los otros materiales (Ulle *et al.* 2004). El tratamiento con broza ocupó un lugar intermedio (Cuadro 3). Por otro lado Sullivan *et al.* (1998), indican que los compostes con relaciones de C/N bajas, una vez aplicados tendrán de 5-25% del N total disponible para la planta; sin embargo, valores muy bajos pueden provocar la pérdida del N debido a su rápida liberación; este podría ser el caso del tratamiento con material doméstico.

A pesar de la variación entre los tratamientos, todos ellos se encuentran dentro de los ámbitos de C/N sugeridos para abonos orgánicos (Ulle *et al.* 2004). En estudios realizados por Elwell *et al.* (1996), donde se trabajó con mezclas de materiales iniciales, se encontró una alta variabilidad en la relación C/N de los productos finales, lo que comprueba nuevamente que la materia prima es, en mucho, responsable de la calidad final del abono orgánico.

Variables físicas

El volumen final de los materiales al terminar el ensayo, fue estadísticamente diferente entre los vermicompostes, lo que demuestra las características particulares de cada material (Cuadro 4). La variabilidad que existió en los volúmenes finales, se explica según Martínez (1996) por los contenidos iniciales de humedad y por las diferencias en la capacidad de retención de humedad de los materiales. Relacionando el volumen inicial (0,03 m³) con el final, se determinó el porcentaje de disminución del volumen de los sustratos utilizados; se encontró que el doméstico y ornamental disminuyeron en un 80%, banano 83%, broza 67% y estiércol en 53%. No hay duda que también el proceso de fabricación y el control en la humedad incide en este factor. Por otro lado, producto de la relación entre los sólidos y la humedad, los desechos con altos contenidos de sólidos (estiércol y broza) producirán más abono por metro cúbico de materia prima utilizada, en tanto que aquellos con mayor contenido de agua

Cuadro 4. Variables físicas de 5 vermicompostes producidos a partir de diferentes sustratos.

Vermicompost	Volumen final m ³	%P	%A	%W	Densidad g cm ⁻³
Doméstico	0,007c	55,0a	28,0a	27,0c	0,51b
Estiércol	0,013a	50,2b	18,5b	31,8b	0,45c
Banano	0,005d	56,0a	14,5b	41,5a	0,41d
Ornamental	0,007c	56,8a	12,2b	44,5a	0,36e
Broza de café	0,009b	44,8c	12,5b	32,2b	0,56a

Las columnas con la misma letra son similares de acuerdo a la prueba Tuckey a p<0,05.

producirán una menor cantidad de abono final (Ferruzi 1986, Bollo 1999).

Para la variable porcentaje de porosidad total (%P), la mayoría de los tratamientos mostró valores mayores a 50%, excepto para el tratamiento con broza (44%); esto coincidió con un valor de densidad mayor, comparativamente con los otros materiales. En relación con el %A, el tratamiento doméstico fue el que mostró el valor mayor y el único diferente estadísticamente a los demás tratamientos.

Relacionando las variables %P y %W, se observa que los tratamientos ornamental y banano, mostraron los valores más altos, para ambas variables. Broza y estiércol mostraron valores intermedios de retención. La literatura menciona que los compostes una vez aplicados al suelo tienden a incrementar la capacidad de retención de agua (The US Composting Council 1998). A diferencia de los demás tratamientos, el doméstico presentó un %P alto, con el valor más bajo para %W. Esto se puede explicar por el tipo de agregados que forma este material, y una presencia de macroporos mayor, lo que resulta en mayor capacidad de drenaje y transporte de

agua, en tanto que los microporos que son responsables del almacenaje y la retención del agua se encuentran en menor proporción (Henríquez y Cabalceta 1999).

Este comportamiento se observa en el caso de la broza, que está entre los valores de %P más bajos, pero con un valor intermedio de retención de agua. En este caso, banano y ornamental serían los compostes con la mayor capacidad de retención, seguido por la broza y el estiércol con menor capacidad, en tanto que el doméstico mostró el valor más bajo.

La figura 1 muestra la pérdida de humedad de los materiales, a partir del momento en que se considera que el proceso de compostaje ha terminado; la cual fue medida luego en 3 muestreos a intervalos de 1 semana. Los valores iniciales obtenidos se pueden considerar normales, ya que el vermicomposteo requiere de una humedad entre 70-90%, contrario al proceso de composteo el cual se puede realizar a una humedad de 40-60% (Tognetti *et al.* 2005, Guerrero 2005). Se puede observar que a excepción del tratamiento con broza, en un principio la pérdida de humedad es relativamente rápida, y luego tiende

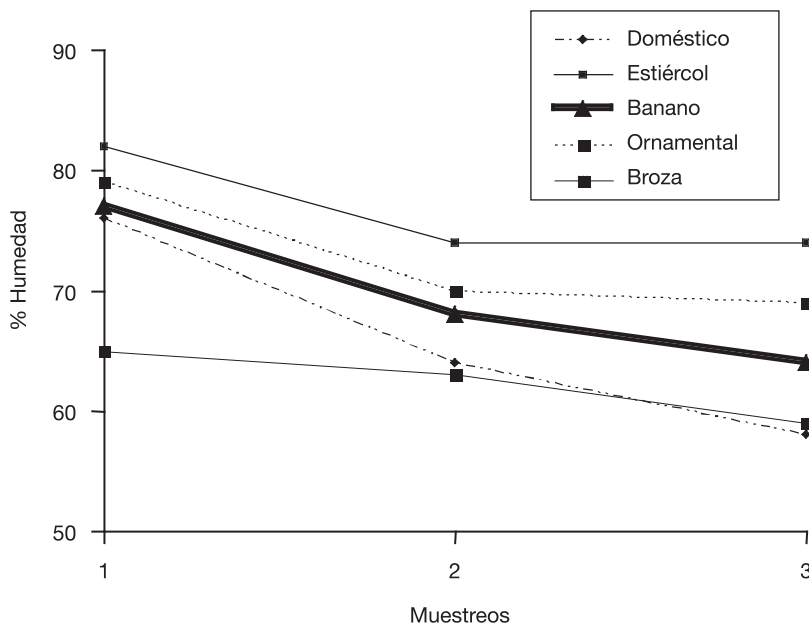


Fig. 1. Porcentaje de humedad de 5 vermicompostes a través de 3 muestreos.

a estabilizarse. Esto se debe a que al finalizar el proceso, el material sale con un alto contenido de humedad, la cual se pierde rápidamente de su superficie. Conforme el material se va secando, la humedad queda retenida en los microporos del material, por lo que la pérdida tiende a ser más lenta. En el caso particular del tratamiento doméstico, se encontró la mayor pendiente lo que fue coincidente con el hecho de que este es el material con menor capacidad de retención de agua (Cuadro 4).

Variables microbiológicas

El cuadro 5 muestra los valores obtenidos para los microorganismos en los diferentes tratamientos. Estos valores concuerdan con los reportados por varios autores para abonos orgánicos y son en algunos casos superiores (Martínez 1996, Uribe 2000).

La gran abundancia microbiana de los vermicompostes viene dada, principalmente, por el mismo proceso de elaboración, en donde los sustratos pasan a través del tracto digestivo de la lombriz, la cual posee una flora microbiana que alcanza unos 500 mil millones de microorganismos (Bollo 1999). Adicionalmente, el proceso de vermicompostaje a diferencia del compostaje, no alcanza la etapa termofílica, en donde usualmente hay muerte de una gran

población de organismos y ocurre una selección de los mismos (Martínez 1996, Domínguez *et al.* 1997).

Según se muestra en el cuadro 5, el análisis estadístico de los datos microbiológicos no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para la cantidad de bacterias, ni para el carbono microbiano. Si se encontraron diferencias significativas en las poblaciones de actinos y hongos. En el primer caso, el tratamiento con residuos domésticos mostró el valor más alto seguido del tratamiento de banano. En el caso de los hongos, los tratamientos con banano y doméstico mostraron los valores más altos, difiriendo estadísticamente de los otros 3 tratamientos.

Algunos autores, han relacionado esta riqueza microbiana con la ventaja que muestra el vermicompost sobre otros sustratos en lo que respecta a su actividad supresora de algunas enfermedades de suelo, y han relacionado esta cualidad directamente con una mayor población de microorganismos benéficos (Ramírez 1996).

Finalmente se puede decir que las diferencias encontradas en las cantidades de microorganismos entre los vermicompostes, concuerdan con las variaciones encontradas con el resto de las variables químicas y físicas evaluadas, lo cual evidencia la necesidad de tomar en cuenta la fuente de la materia orgánica utilizada para su fabricación.

Cuadro 5. Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de algunos microorganismos y el carbono microbiano obtenido en 5 vermicompostes.

Vermicompost	Bacterias (UFC)	Actinos (UFC)	Hongos (UFC)	C. microbiano mg kg ⁻¹
Doméstico	8,6 x10 ⁷	4,7 x10 ⁷ a	5,2 x10 ⁵ a	1101
Estiércol	1,8 x10 ⁷	2,2 x10 ⁶ b	5,1 x10 ⁴ b	1507
Banano	8,2 x10 ⁷	1,2 x10 ⁷ ab	7,0 x10 ⁵ a	1580
Ornamental	1,5 x10 ⁷	4,1 x10 ⁶ ab	6,7 x10 ⁴ b	756
Broza	3,9 x10 ⁶	1,7 x10 ⁶ b	4,2 x10 ⁴ b	826

Las columnas con la misma letra son similares de acuerdo a la prueba Tuckey a p<0,05.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el tipo de materia prima utilizada para la elaboración del vermicompost determinará en mucho las características finales del material. Los datos mostraron una alta variabilidad en las propiedades entre los diversos vermicompostes evaluados, lo que sugiere la necesidad de su caracterización así como de una mayor investigación de las fuentes utilizadas para su producción.

LITERATURA CITADA

- BERTSCH F. 1995. La fertilidad de los suelos y su manejo. San José. Costa Rica. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 164 p.
- BOLLO E. 1999. Lombricultura: una alternativa de reciclaje. Quito. Soboc Grafic. 149 p.
- CHACON A.G., BLANCO J.M. (eds.) 1999. Manual práctico para la fabricación de abono orgánico utilizando lombrices. San José. Costa Rica. 39 p.
- CHAVEZ L. 1998. Estudio preliminar para el aprovechamiento de los residuos del proceso de desfibrado de la cabuya (*Forcea cabuya*). Tesis de Licenciatura en Química. Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. p. 22-29.
- DAY M., KRZYMIEN M., SHAW K., ZAREMBA L., WILSON W.R., BOTDEN C., THOMAS B. 1998. An investigation of the chemical and physical changes occurring during commercial composting. *Compost Science & Utilization* 6(2):44-66.
- DOMÍNGUEZ J., EDWARDS E., SUBLER S. 1997. A comparison of vermicomposting and composting. *BioCycle* 38(4):57-59.
- ELWELL D.L., KEENER H.M., HANSEN R.C. 1996. Controlled, high rate composting of mixtures of food residual, yard trimmings and chicken manure. *Compost Science & Utilization* 4(1):6-15.
- FERRUZI C. 1986. Manual de lombricultura. Madrid. España. Mundi-Prensa. 138 p.
- FRAILE J., OBANDO R. 1994. Lombricultura: alternativa para el manejo racional de los desechos del banano. *Aqua* 3(4):17-22.
- GADEA A., BARRANTES O., GONZÁLEZ H., ELIZONDO J. 2002. Parámetros de calidad de los bioabonos. Memoria del II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica 2002. Instituto Tecnológico de Costa Rica. En línea, consultado 10/01/2007 www.infoagro.go.cr/organico/24.Parametros_calidad.htm -10k.
- GUERRERO R. 2005. Vermicomposting gets high marks in the tropics. *BioCycle* 46(8):60.
- HENRÍQUEZ C., CABALCETA G.A. 1999. Guía práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola. San José. CR. ACCS. 111 p.
- HOLDRIDGE S.J. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica. IICA. 206 p.
- LÓPEZ A. 1994. El biocompostaje de los residuos agroindustriales y el mejoramiento de la agricultura. *Biocenosis* 11(1):21-25.
- MADRIGAL S. 1998. Efecto de la aplicación de compost sobre el crecimiento del cultivo de café en la fase de almácigo. Jiménez. C.R. Tesis de Licenciatura. Universidad de Costa Rica. 70 p.
- MARTÍNEZ C. 1996. Potencial de la lombricultura: elementos básicos para su desarrollo. A. Carballo; S. Bravo (eds). Texcoco, MX. 140 p.
- RAMÍREZ C. 1996. Efecto de las prácticas agrícolas sobre la microflora del suelo: oportunidades en la fitoprotección. X Congreso Nacional Agronómico. Universidad de Costa Rica. p. 81-83.
- SALAS E., RAMÍREZ C. 2001. Bioensayo microbiano para estimar los nutrientes disponibles en los abonos orgánicos: calibración en el campo. *Agronomía Costarricense* 25(2):11-23.
- SAWHNEY B.L., BUGBEE G.L., STILWELL D.E. 1995. Heavy metals leachability as affected by pH of compost-amended growth medium used in container-grown Rhododendrons. *Compost Science & Utilization* 3(2):64-73.
- SOTO G., LUNA P., WAGGER M., SMYTH T.J., ALVARADO A. 2002. Descomposición de residuos de cosecha y liberación de nutrientes en plantaciones de palmito en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 26(2):43-51.
- SULLIVAN D.M., FRANSEN S.C., BARY A.I., COGGER C. G. 1998. Fertilizer nitrogen replacement value of food residuals composted with yard trimmings, paper or wood wastes. *Compost Science & Utilization* 6(1):6-18.

- THE US COMPOSTING COUNCIL. 1998. Test methods for the examination of composting and compost. mimeografiado.
- TOGNETTI C., LAOS F., MAZZARINO M.J., HERNÁNDEZ M.T. 2005. Composting vs vermicomposting: A comparison of end product quality. *Compost Science & Utilization* 13(1):6-13.
- ULLE J., FERNANDEZ F., RENDINA A. 2004. Evaluación analítica del vermicompost de estiércoles y residuos de cereales y su efecto como fertilizante orgánico en el cultivo de lechugas mantecosas. *Horticultura Brasileira* 22(2): 434.
- URIBE L. 2000. Indicadores microbiológicos para determinar la calidad de suelos. Mimeografiado. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. San José, CR. 17 p.
- VOGTMANN H., FRICKE K., TURK T. 1993. Quality, physical characteristics, nutrient content, heavy metals and organic chemicals in biogenic waste compost. *Compost Science Utilization* 1(4):69-87.
- WERNER M., CUEVAS J.R. 1996. Vermiculture in Cuba. *BioCycle* 37(6):57-59.
- YASUKAWA K., QUINTERO M. 1998. Las hortalizas más seguras y sabrosas. Panamá. Programa de Agricultura Orgánica. MIDA-JICA. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Dirección Nacional de Agricultura. Departamento de Hortalizas, Raíces y Tubérculos. 1:26-37.

